

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-165771

(P2002-165771A)

(43) 公開日 平成14年6月11日 (2002.6.11)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
A 6 1 B 5/055		A 6 1 B 5/05	3 1 1 4 C 0 9 6
G 0 1 R 33/48		G 0 1 N 24/08	5 1 0 Y

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2000-354100 (P2000-354100)

(22) 出願日 平成12年11月21日 (2000. 11. 21)

(71) 出願人 300019238

ジーイー・メディカル・システムズ・グロ
ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル
エルシー

アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・
53188・ワウケシャ・ノース・グランドヴ
ュー・ブルバード・ダブリュー・710・
3000

(74) 代理人 100085187

弁理士 井島 藤治 (外1名)

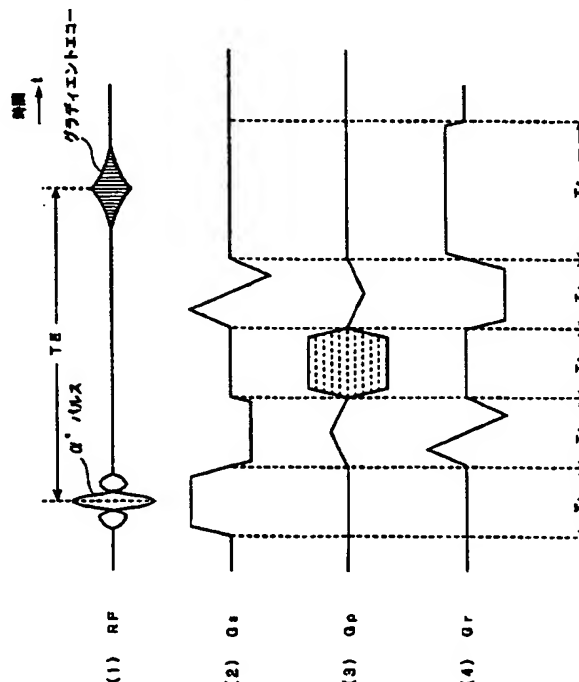
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気共鳴信号獲得方法および装置並びに磁気共鳴撮影装置

(57) 【要約】

【課題】 マックスウェル項が小さい磁気共鳴信号を獲得する磁気共鳴信号獲得方法および装置、並びに、そのような磁気共鳴信号獲得装置を備えた磁気共鳴撮影装置を実現する。

【解決手段】 フェーズコントラスト法により磁気共鳴信号を獲得するに当たり、スライス勾配 G_s によりスピンをリフェーズする期間 T_2 に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエコード勾配 G_r をリードアウト勾配の方向に印加し、リードアウト勾配 G_r によりスピンをデフェーズする期間 T_4 に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエコード勾配 G_s をスライス勾配の方向に印加する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得するに当たり、

前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする磁気共鳴信号獲得方法。

【請求項2】 静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得するに当たり、

前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする磁気共鳴信号獲得方法。

【請求項3】 静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得するに当たり、

前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする磁気共鳴信号獲得方法。

【請求項4】 前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の前半部分を前記フェーズエンコード勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の後半部分を前記フェーズエンコード勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする請求項1ないし請求項3のうちのいずれか1つに記載の磁気共鳴信号獲得方法。

【請求項5】 静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコ

2

ントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得する磁気共鳴信号獲得装置であって、

前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴信号獲得装置。

【請求項6】 静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得する磁気共鳴信号獲得装置であって、

前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴信号獲得装置。

【請求項7】 静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得する磁気共鳴信号獲得装置であって、

前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴信号獲得装置。

【請求項8】 勾配磁場印加手段は、前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の前半部分を前記フェーズエンコード勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の後半部分を前記フェーズエンコード勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする請求項5ないし請求項7のうちのいずれか1つに記載の磁気共鳴信号獲得装置。

【請求項9】 静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得し前記

10

20

30

40

50

3

獲得した磁気共鳴信号に基づいて画像を構成する磁気共鳴撮影装置であって、
前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置。

【請求項10】 静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得し前記獲得した磁気共鳴信号に基づいて画像を構成する磁気共鳴撮影装置であって、

前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置。

【請求項11】 静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得し前記獲得した磁気共鳴信号に基づいて画像を構成する磁気共鳴撮影装置であって、

前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な前記フローエコード勾配磁場をリードアウト勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置。

【請求項12】 勾配磁場印加手段は、
前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエコード勾配磁場の前半部分を前記フェーズエコード勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエコード勾配磁場の後半部分を前記フェーズエコード勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする請求項9ないし請求項11のうちのいずれか1つに記載の磁気共鳴撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

4

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気共鳴信号獲得方法および装置並びに磁気共鳴撮影装置に関し、特に、フェーズコントラスト(Phase Contrast)法による磁気共鳴撮影を行うための磁気共鳴信号獲得方法および装置、並びに、フェーズコントラスト法により磁気共鳴撮影を行う磁気共鳴撮影装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気共鳴撮影(MRI:Magnetic Resonance Imaging)装置では、マグネットシステム(magnet system)の内部空間、すなわち、静磁場を形成した空間に撮影の対象を搬入し、勾配磁場および高周波磁場を印加して対象内に磁気共鳴信号を発生させ、その受信信号に基づいて断層像を生成(再構成)する。

【0003】生体内の血液等の流れを撮影するいわゆるフローイメージング(flow imaging)を行う方法の1つとしてフェーズコントラスト法がある。この方法では、対象内のスピン(spin)のうち撮影中に位置が変化しないものに位相変化を生じさせず、位置が変化するものにだけ位相変化を生じさせる勾配磁場が利用される。そのような勾配磁場はフローエコード勾配磁場と呼ばれる。

【0004】フローエコード勾配磁場は、互いに逆な勾配を持つ2つの磁場を相次いで等時間ずつ印加するようにしたものである。このような勾配磁場を用いることにより、位置が変化しないスピンでは、その位相が勾配磁場印加期間の前半で1つの方向に変化し後半で逆方向に同じ量だけ変化するので、結果的に位相の変化がない。これに対して、磁場の勾配に沿って位置が変化するスピンでは、位置の変化に伴い勾配磁場印加期間の前半と後半で強度の異なる磁場が作用するため位相が元に戻らず、元の位相からの変化が生じる。

【0005】フローコントラスト法を実行する場合は、フローエコード勾配磁場の対として、移動するスピンの互いに逆方向の位相変化をそれぞれ生じさせる2種類の勾配磁場が時期を異にして使用される。そして、一方のフローエコード勾配磁場の下で得た磁気共鳴信号と他方のフローエコード勾配磁場の下で得た磁気共鳴信号との差を求めることにより、位置が変化しないスピンの磁気共鳴信号を相殺して移動するスピンの磁気共鳴信号だけとする。このような磁気共鳴信号に基づいて画像を再構成することにより、移動するスピンの像すなわち例えば血流像等であるフローイメージを得る。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】厳密には、位置が変化しないスピンにも、フローエコード勾配磁場によりマックスウェル項(Maxwell term)で表される位相変化が生じる。この位相変化はフローエコード勾配磁場の対の一方と他方で異なるのが普通であるから、磁気共鳴信号の差を求めても位置が変化しないスピ

5

ンの相殺されない信号が残る。このため、フローイメージには静止部分の像が消え残り像として含まれる。静磁場が低くなるほどマックスウェル項が大きくなるので、消え残り像は低磁場でのフローイメージングにおいて目立ち易くなる。

【0007】そこで、本発明の課題は、マックスウェル項が小さい磁気共鳴信号を獲得する磁気共鳴信号獲得方法および装置、並びに、そのような磁気共鳴信号獲得装置を備えた磁気共鳴撮影装置を実現することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 (1) 上記の課題を解決するための1つの観点での発明は、静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得するに当たり、前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする磁気共鳴信号獲得方法である。

【0009】この観点での発明では、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、スライス勾配磁場によりスピンをリフェーズする期間に一致する期間にリードアウト勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を0にすることができる。

【0010】(2) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得するに当たり、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする磁気共鳴信号獲得方法である。

【0011】この観点での発明では、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、リードアウト勾配磁場によりスピンをディフェーズする期間に一致する期間にスライス勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を0にすることができる。

【0012】(3) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得するに当たり、前記スライス勾配磁場により前記対象のスピン

6

をリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする磁気共鳴信号獲得方法である。

10 【0013】この観点での発明では、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、スライス勾配磁場によりスピンをリフェーズする期間に一致する期間にリードアウト勾配磁場の方向に印加し、また、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、リードアウト勾配磁場によりスピンをディフェーズする期間に一致する期間にスライス勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を0にすることができる。

20 【0014】(4) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の前半部分を前記フェーズエンコード勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の後半部分を前記フェーズエンコード勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする(1)ないし(3)のうちのいずれか1つに記載の磁気共鳴信号獲得方法である。

【0015】この観点での発明では、(1)ないし

(3)のうちのいずれか1つに加えて、スライス勾配磁場によりスピンをリフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の前半部分をフェーズエンコード勾配磁場の方向に印加し、リードアウト勾配磁場によりスピンをディフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の後半部分をフェーズエンコード勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を小さくすることができる。

40 【0016】(5) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得する磁気共鳴信号獲得装置であって、前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する

50

7

期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴信号獲得装置である。

【0017】この観点での発明では、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、スライス勾配磁場によりスピンをリフェーズする期間に一致する期間にリードアウト勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を0にすることができる。

【0018】(6) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得する磁気共鳴信号獲得装置であって、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴信号獲得装置である。

【0019】この観点での発明では、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、リードアウト勾配磁場によりスピンをディフェーズする期間に一致する期間にスライス勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を0にすることができる。

【0020】(7) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得する磁気共鳴信号獲得装置であって、前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴信号獲得装置である。

【0021】この観点での発明では、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、スライス勾配磁場によりスピンをリフェーズする期間に一致する期間にリードアウト勾配磁場の方向に印加し、また、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、リードアウト勾配磁場によりスピンをディフェーズ

8

する期間に一致する期間にスライス勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を0にすることができる。

【0022】(8) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、勾配磁場印加手段は、前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の前半部分を前記フェーズエンコード勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の後半部分を前記フェーズエンコード勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする(5)ないし(7)のうちのいずれか1つに記載の磁気共鳴信号獲得装置である。

【0023】この観点での発明では、(5)ないし

(7)のうちのいずれか1つに加えて、スライス勾配磁場によりスピンをリフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の前半部分をフェーズエンコード勾配磁場の方向に印加し、リードアウト勾配磁場によりスピンをディフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の後半部分をフェーズエンコード勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を小さくすることができる。

【0024】(9) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得し前記獲得した磁気共鳴信号に基づいて画像を構成する磁気共鳴撮影装置であって、前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置である。

【0025】この観点での発明では、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、スライス勾配磁場によりスピンをリフェーズする期間に一致する期間にリードアウト勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を0にすることができる。これによって、消え残り像を含まないフローイメージを得ることができる。

【0026】(10) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁

10

20

30

40

50

9

場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得し前記獲得した磁気共鳴信号に基づいて画像を構成する磁気共鳴撮影装置であって、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置である。

【0027】この観点での発明では、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、リードアウト勾配磁場によりスピンをディフェーズする期間に一致する期間にスライス勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を0にすることができる。これによって、消え残り像を含まないフローイメージを得ることができる。

【0028】(11) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、静磁場、高周波磁場、スライス勾配磁場、フェーズエンコード勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフローエンコード勾配磁場を用いてフェーズコントラスト法により対象から磁気共鳴信号を獲得し前記獲得した磁気共鳴信号に基づいて画像を構成する磁気共鳴撮影装置であって、前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記リードアウト勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場を前記スライス勾配磁場の方向に印加する勾配磁場印加手段、を具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置である。

【0029】この観点での発明では、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、スライス勾配磁場によりスピンをリフェーズする期間に一致する期間にリードアウト勾配磁場の方向に印加し、また、フローエンコード勾配磁場を、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一な勾配磁場とするとともに、リードアウト勾配磁場によりスピンをディフェーズする期間に一致する期間にスライス勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を0にすることができる。これによって、消え残り像を含まないフローイメージを得ることができる。

【0030】(12) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、勾配磁場印加手段は、前記スライス勾配磁場により前記対象のスピンをリフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の前半

10

部分を前記フェーズエンコード勾配磁場の方向に印加し、前記リードアウト勾配磁場により前記対象のスピンをディフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の後半部分を前記フェーズエンコード勾配磁場の方向に印加する、ことを特徴とする(9)ないし(11)のうちのいずれか1つに記載の磁気共鳴撮影装置である。

【0031】この観点での発明では、(1)ないし

(3)のうちのいずれか1つに加えて、スライス勾配磁場によりスピンをリフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の前半部分をフェーズエンコード勾配磁場の方向に印加し、リードアウト勾配磁場によりスピンをディフェーズする期間に一致する期間に、前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配磁場の後半部分をフェーズエンコード勾配磁場の方向に印加するようにしたので、マックスウェル項を小さくすることができる。これによって、消え残り像が目立たないフローイメージを得ることができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。図1に磁気共鳴撮影装置のブロック(block)図を示す。本装置は本発明の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0033】図1に示すように、本装置はマグネットシステム100を有する。マグネットシステム100は主磁場コイル(coil)部102、勾配コイル部106およびRF(radio frequency)コイル部108を有する。これら各コイル部は概ね円筒状の形状を有し、互いに同軸的に配置されている。マグネットシステム100の概ね円柱状の内部空間(ボア:bore)に、撮影の対象300がクレードル(cradle)500に搭載されて図示しない搬送手段により搬入および搬出される。

【0034】主磁場コイル部102はマグネットシステム100の内部空間に静磁場を形成する。静磁場の方向は概ね対象300の体軸の方向に平行である。すなわちいわゆる水平磁場を形成する。主磁場コイル部102は例えば超伝導コイルを用いて構成される。なお、超伝導コイルに限らず常伝導コイル等を用いて構成しても良いのはもちろんである。

【0035】勾配コイル部106は静磁場強度に勾配を持たせるための勾配磁場を生じる。発生する勾配磁場は、スライス(slice)勾配磁場、フェーズエンコ

ード (phase encode) 勾配磁場およびリードアウト (read out) 勾配磁場の 3 種である。3 種類の勾配磁場に対応して勾配コイル部 106 は図示しない 3 系統の勾配コイルを有する。以下、勾配磁場を単に勾配ともいう。

【0036】3 種類の勾配磁場は、互いに垂直な 3 つの方向において静磁場強度にそれぞれ勾配を付与する。本書では、この方向を勾配の方向という。後述するフローエンコード勾配磁場もこれら 3 つの方向あるいはいずれか 2 つまたは 1 つの方向に勾配を持つ磁場である。

【0037】RF コイル部 108 は静磁場空間に対象 300 の体内のスピンを励起するための高周波磁場を形成する。以下、高周波磁場を形成することを RF 励起信号の送信ともいう。RF コイル部 108 は、また、励起されたスピンの生じる電磁波すなわち磁気共鳴信号を受信する。

【0038】RF コイル部 108 は図示しない送信用のコイルおよび受信用のコイルを有する。送信用のコイルおよび受信用のコイルは、同じコイルを兼用するかあるいはそれぞれ専用のコイルを用いる。

【0039】勾配コイル部 106 には勾配駆動部 130 が接続されている。勾配駆動部 130 は勾配コイル部 106 に駆動信号を与えて勾配磁場を発生させる。勾配駆動部 130 は、勾配コイル部 106 における 3 系統の勾配コイルに対応して、図示しない 3 系統の駆動回路を有する。勾配コイル部 106 および勾配駆動部 130 からなる部分は、本発明における勾配磁場印加手段の実施の形態の一例である。

【0040】RF コイル部 108 には RF 駆動部 140 が接続されている。RF 駆動部 140 は RF コイル部 108 に駆動信号を与えて RF 励起信号を送信し、対象 300 の体内のスピンを励起する。

【0041】RF コイル部 108 にはデータ収集部 150 が接続されている。データ収集部 150 は RF コイル部 108 が受信した受信信号を取り込み、それをビューデータ (view data) として収集する。

【0042】勾配駆動部 130、RF 駆動部 140 およびデータ収集部 150 には制御部 160 が接続されている。制御部 160 は、勾配駆動部 130 ないしデータ収集部 150 をそれぞれ制御して撮影を遂行する。

【0043】マグネットシステム 100、勾配駆動部 130、RF 駆動部 140、データ収集部 150 および制御部 160 からなる部分は、本発明の磁気共鳴信号獲得装置の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0044】データ収集部 150 の出力側はデータ処理部 170 に接続されている。データ処理部 170 は、例えばコンピュータ (computer) 等を用いて構成

される。データ処理部 170 は図示しないメモリ (memory) を有する。メモリはデータ処理部 170 用のプログラムおよび各種のデータを記憶している。本装置の機能は、データ処理部 170 がメモリに記憶されたプログラムを実行することにより実現される。

【0045】データ処理部 170 は、データ収集部 150 から取り込んだデータをメモリに記憶する。メモリ内にはデータ空間が形成される。データ空間は 2 次元フーリエ (Fourier) 空間を構成する。データ処理部 170 は、これら 2 次元フーリエ空間のデータを 2 次元逆フーリエ変換して対象 300 の画像を生成 (再構成) する。以下、2 次元フーリエ空間を k スペース (k-space) ともいう。

【0046】データ処理部 170 は制御部 160 に接続されている。データ処理部 170 は制御部 160 の上位にあってそれを統括する。データ処理部 170 には表示部 180 および操作部 190 が接続されている。表示部 180 は、グラフィックディスプレイ (graphic display) 等で構成される。操作部 190 はポインティングデバイス (pointing device) を備えたキーボード (keyboard) 等で構成される。

【0047】表示部 180 は、データ処理部 170 から出力される再構成画像および各種の情報を表示する。操作部 190 は、操作者によって操作され、各種の指令や情報等をデータ処理部 170 に入力する。操作者は表示部 180 および操作部 190 を通じてインタラクティブ (interactive) に本装置を操作する。

【0048】図 2 に、他の方式の磁気共鳴撮影装置のブロック図を示す。本装置は本発明の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0049】図 2 に示す装置は、図 1 に示した装置とは方式を異にするマグネットシステム 100' を有する。マグネットシステム 100' 以外は図 1 に示した装置と同様な構成になっており、同様な部分に同一の符号を付して説明を省略する。

【0050】マグネットシステム 100' は主磁場マグネット部 102'、勾配コイル部 106' および RF コイル部 108' を有する。これら主磁場マグネット部 102' および各コイル部は、いずれも空間を挟んで互いに対向する 1 対のものからなる。また、いずれも概ね円盤状の形状を有し中心軸を共有して配置されている。マグネットシステム 100' の内部空間 (ボア) に、対象 300 がクレードル 500 に搭載されて図示しない搬送手段により搬入および搬出される。

【0051】主磁場マグネット部 102' はマグネットシステム 100' の内部空間に静磁場を形成する。静磁場の方向は概ね対象 300 の体軸方向と直交する。すな

わちいわゆる垂直磁場を形成する。主磁場マグネット部102'は例えば永久磁石等を用いて構成される。なお、永久磁石に限らず超伝導電磁石あるいは常伝導電磁石等を用いて構成しても良いのはもちろんである。

【0052】勾配コイル部106'は静磁場強度に勾配を持たせるための勾配磁場を生じる。発生する勾配磁場は、スライス勾配磁場、リードアウト勾配磁場およびフェーズエンコード勾配磁場の3種であり、これら3種類の勾配磁場に対応して勾配コイル部106'は図示しない3系統の勾配コイルを有する。勾配コイル部106'および勾配駆動部130からなる部分は、本発明における勾配磁場印加手段の実施の形態の一例である。

【0053】RFコイル部108'は静磁場空間に対象300の体内のスピンを励起するためのRF励起信号を送信する。RFコイル部108'は、また、励起されたスピンが生じる磁気共鳴信号を受信する。RFコイル部108'は図示しない送信用のコイルおよび受信用のコイルを有する。送信用のコイルおよび受信用のコイルは、同じコイルを兼用するかあるいはそれぞれ専用のコイルを用いる。

【0054】マグネットシステム100'、勾配駆動部130、RF駆動部140、データ収集部150および制御部160からなる部分は、本発明の磁気共鳴信号獲得装置の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0055】図3に、磁気共鳴撮影に用いるパルスシーケンス(pulse sequence)の一例を示す。このパルスシーケンスは、フェーズコントラスト法に基づくパルスシーケンスである。同図において、横軸は時間であり縦軸は信号強度である。同図では、便宜的に、パルスシーケンスを横軸に沿って5つの区間T1~T5に区切ってある。

【0056】同図の(1)はRF信号のシーケンスであり、 α° パルスすなわちRF励起信号とグラディエントエコーのシーケンスを示す。(2)、(3)および(4)は、それぞれ、スライス勾配Gs、フェーズエンコード勾配Gpおよびリードアウト勾配Grのシーケンスである。

【0057】スライス勾配Gsのシーケンスは、区間T1にスライス選択用の勾配を生じるための信号波形を有し、区間T2にスピンの位相をリフェーズ(rephase)する勾配を生じるための信号波形を有する。信号波形は例えば台形波である。

【0058】スライス勾配Gsのシーケンスは、また、区間T4に、フローエンコード勾配を生じるための信号波形を有する。信号波形としては例えば区間の積分値が0となる三角波等が用いられる。なお、信号波形は三角波に限るものではなく、区間の積分値が0となるもので

あれば鋸歯状波、矩形波、台形波、正弦波等適宜の波形として良い。

【0059】そのような波形の信号を用いることにより、区間の前半と後半で勾配の方向が反対になり勾配の絶対値が同一なフローエンコード勾配を形成することができる。

【0060】そのようなフローエンコード勾配を用いることにより、スライス勾配Gsの方向に沿って移動するスピンでは、位置の変化に伴って、勾配印加期間の前半と後半で強度の異なる磁場が互いに逆に作用するため元の位相からの変化が生じる。すなわちスピンのフローエンコードが行われる。このフローエンコードは、スピンの移動量のスライス勾配方向の成分に対するフローエンコードとなる。

【0061】フェーズエンコード勾配Gpのシーケンスは、区間T3にスピンのフェーズエンコードを行う勾配を生じるための信号波形を有する。信号波形は例えば台形波である。台形波の振幅は周期的に変更される。振幅の変化を破線によって示す。

【0062】フェーズエンコード勾配Gpのシーケンスは、また、区間T2およびT4にフローエンコード勾配を生じるための信号波形を有する。区間T2の信号波形は区間T2およびT4を合わせての積分値が0となる三角波の前半部分であり、区間T4の信号波形はその後半部分である。この波形も三角波に限らないことはいうまでもない。

【0063】そのような波形を用いることにより、フェーズエンコード勾配Gpの方向に沿って移動するスピンでは、位置の変化に伴い勾配印加期間の前半と後半で強度の異なる磁場が互いに逆に作用するため元の位相からの変化が生じ、フローエンコードが行われる。このフローエンコードは、スピンの移動量のフェーズエンコード勾配方向の成分に対するフローエンコードとなる。

【0064】リードアウト勾配Grのシーケンスは、区間T4にスピンをディフェーズする勾配を生じるための波形を有し、区間T5にスピンをリフェーズし次いでディフェーズしてグラディエントエコー(gradient echo)を生じさせる勾配を生じるための信号波形を有する。信号波形は例えば台形波である。

【0065】リードアウト勾配Grのシーケンスは、また、区間T2にフローエンコード勾配を生じるための信号波形を有する。信号波形としては例えば区間の積分値が0となる三角波等が用いられる。この波形も三角波に限らないことはもちろんである。

【0066】そのような波形を用いることにより、リードアウト勾配Grの方向に沿って移動するスピンでは、位置の変化に伴って、勾配印加期間の前半と後半で強度の異なる磁場が互いに逆に作用するため元の位相からの変化が生じ、フローエンコードが行われる。このフローエンコードは、スピンの移動量のリードアウト勾配方向

の成分に対するフローエンコードとなる。

【0067】このようなパルスシーケンスを用いる磁気共鳴撮影は次のようにして行われる。まず、区間T1でスライス勾配G_sを印加し、その印加期間中に α° パルスを印加してスピンを選択励起し、スピンのフリップアングル(flip angle)を α° とする。 α° は90°以下である。

【0068】次に、区間T2でスライス勾配G_sによるスピンのリフェーズを行う。この区間では、フェーズエンコード勾配G_pのシーケンスに付加したフローエンコード勾配の前半部分により、フェーズエンコード勾配方向のスピンの移動に対するフローエンコードの前半分を行う。また、リードアウト勾配G_rのシーケンスに付加したフローエンコード勾配により、リードアウト勾配方向のスピンの移動に対するフローエンコードを行う。

【0069】次に、区間T3でフェーズエンコード勾配G_pによるスピンのフェーズエンコードを行う。次に、区間T4で、リードアウト勾配G_rによるスピンドィフェーズを行う。このとき、フェーズエンコード勾配G_pのシーケンスに付加したフローエンコード勾配の後半部分により、フェーズエンコード勾配方向のスピンの移動に対するフローエンコードの後半分を行う。また、スライス勾配G_sのシーケンスに付加したフローエンコード勾配により、スライス勾配方向のスピンの移動に対するフローエンコードを行う。

【0070】次に、区間T5で、リードアウト勾配G_rによるスピンのリフェーズとそれに引き続くディフェーズを行ってグラディエントエコーを発生させる。グラディエントエコーの信号強度は、 α° 励起からエコータイム(echo time)TE後の時点で最大となる。グラディエントエコーはデータ収集部150によりビューデータとして収集される。

【0071】パルスシーケンスは周期TR(repetition time)で繰り返される。図4に、次の周期におけるパルスシーケンスを示す。同図のパルスシーケンスは、リードアウト勾配G_rのシーケンスに付加した、区間T2のフローエンコード勾配の信号波形以外は、図3に示したものと同一である。フェーズエンコード勾配G_pの振幅も図3と同じである。

【0072】リードアウト勾配G_rのシーケンスに付加した区間T2のフローエンコード勾配の信号波形は、図3に示したものと位相が逆になっている。これによって、リードアウト勾配の方向の移動成分を持つスピンの、図3の場合とは逆な方向への位相変化が生じる。すなわち、いわば逆極性のフローエンコードが行われる。

【0073】このようなフローエンコードが付与されたグラディエントエコーがビューデータとして収集される。フェーズエンコード勾配G_pを同じにしていることにより同一のフェーズエンコードが行われるので、このデータは図3の場合と同一ビューのデータとなる。ただ

し、リードアウト勾配方向のフローに対するフローエンコードは逆極性である。

【0074】図5に、次の周期におけるパルスシーケンスを示す。同図のパルスシーケンスは、フェーズエンコード勾配G_pのシーケンスに付加した、区間T2、T4のフローエンコード勾配の信号波形以外は、図3に示したものと同一である。フェーズエンコード勾配G_pの振幅も図3と同じである。

【0075】フェーズエンコード勾配G_pのシーケンスに付加した区間T2、T4のフローエンコード勾配の信号波形は、図3に示したものと位相が逆になっている。これによって、フェーズエンコード勾配の方向の移動成分を持つスピンの、図3の場合とは逆極性のフローエンコードが行われる。

【0076】このようなフローエンコードが付与されたグラディエントエコーがビューデータとして収集される。フェーズエンコード勾配G_pを同じにしていることによりこのデータは図3の場合と同一ビューのデータとなる。ただし、フェーズエンコード勾配方向のフローに対するフローエンコードは逆極性である。

【0077】図6に、次の周期におけるパルスシーケンスを示す。同図のパルスシーケンスは、スライス勾配G_sのシーケンスに付加した、区間T4のフローエンコード勾配の信号波形以外は、図3に示したものと同一である。フェーズエンコード勾配G_pの振幅も図3と同じである。

【0078】スライス勾配G_sのシーケンスに付加した区間T4のフローエンコード勾配の信号波形は、図3に示したものと位相が逆になっている。これによって、スライス勾配の方向の移動成分を持つスピンの、図3の場合とは逆極性のフローエンコードが行われる。

【0079】このようなフローエンコードが付与されたグラディエントエコーがビューデータとして収集される。フェーズエンコード勾配G_pを同じにしていることによりこのデータは図3の場合と同一ビューのデータとなる。ただし、スライス勾配方向のフローに対するフローエンコードは逆極性である。

【0080】このようにして、互いに垂直な3つの勾配方向におけるスピンの移動に対し、正逆両極性のフローエンコードがそれぞれ行われる。各図のパルスシーケンスと各勾配方向におけるフローエンコード極性との関係を図7に示す。同図において+は正極性、-は負極性を表す。

【0081】正逆両極性のフローエンコードを行うフローエンコード勾配はフローエンコード勾配の対をなす。すなわち、図3においてリードアウト勾配G_rのシーケンスに付加した区間T2のフローエンコード勾配と、図4においてリードアウト勾配G_rのシーケンスに付加した区間T2のフローエンコード勾配は1つの対をなす。

【0082】また、図3においてフェーズエンコード勾

10

20

30

40

50

17

配G_pのシーケンスに付加した区間T₂、T₄のフローエンコード勾配と、図5においてフェーズエンコード勾配G_pのシーケンスに付加した区間T₂、T₄のフローエンコード勾配は他の対をなす。

【0083】また、図3においてスライス勾配G_sのシーケンスに付加した区間T₄のフローエンコード勾配と、図6においてスライス勾配G_sのシーケンスに付加した区間T₄のフローエンコード勾配はさらに他の対をなす。

【0084】データ処理部170は、図3のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーと、図4のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーとの差を求める。差を求めることにより、互いに逆なフローエンコードが行われた信号、すなわち、リードアウト勾配方向の移動成分を有するスピンの由来する信号だけが残し、他はうち消される。これによって、リードアウト勾配方向の移動成分を有するスピンに関する1ビュー分の磁気共鳴信号が得られる。

【0085】データ処理部170は、また、図3のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーと、図5のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーとの差を求める。差を求めることにより、互いに逆なフローエンコ

18

*ードが行われた信号、すなわち、フェーズエンコード勾配方向の移動成分を有するスピンに由来する信号だけが残し、他はうち消される。これによって、フェーズエンコード勾配方向の移動成分を有するスピンに関する1ビュー分の磁気共鳴信号が得られる。

【0086】データ処理部170は、さらに、図3のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーと、図6のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーとの差を求める。差を求めることにより、互いに逆なフローエンコードが行われた信号、すなわち、スライス勾配方向の移動成分を有するスピンに由来する信号だけが残し、他はうち消される。これによって、スライス勾配方向の移動成分を有するスピンに関する1ビュー分の磁気共鳴信号が得られる。

【0087】位置が変化しないスピンの生じるグラディエントエコーにも、フローエンコード勾配によって、マックスウェル項に基づく位相変化が生じる。フローエンコード勾配の対の一方と他方によってそれぞれ位相変化が生じる。これら位相変化の差分は、マックスウェル項を含む次式で与えられる。

【0088】

【数1】

$$\phi_M(x, y, z) = Az^2 + B(x^2 + y^2) + Cxz + Dyz \quad (1)$$

【0089】ここで、x、y、zは静磁場空間における3次元直角座標系の座標である。静磁場の方向をz方向とする。座標の原点は静磁場空間の中心すなわちマグネットセンタ (magnet center) にとる。 ※

※【0090】(1)式においてA、B、C、Dは係数であり、それぞれ次式で与えられる。

【0091】

【数2】

$$A = \frac{\gamma}{2B_0} \int \{ (G_x(t)^2 + G_y(t)^2)_{fe1} - (G_x(t)^2 + G_y(t)^2)_{fe2} \} dt \quad (2)$$

【0092】

【数3】

$$B = \frac{\gamma}{8B_0} \int \{ (G_z(t)^2)_{fe1} - (G_z(t)^2)_{fe2} \} dt \quad (3)$$

★【0093】

【数4】

$$C = \frac{\gamma}{2B_0} \int \{ (G_x(t) \cdot G_z(t))_{fe1} - (G_x(t) \cdot G_z(t))_{fe2} \} dt \quad (4)$$

【0094】

☆☆【数5】

$$D = \frac{\gamma}{2B_0} \int \{ (G_y(t) \cdot G_z(t))_{fe1} - (G_y(t) \cdot G_z(t))_{fe2} \} dt \quad (5)$$

【0095】ここで、

γ：磁気回転比

B₀：静磁場強度G_x(t)：x方向の勾配磁場G_y(t)：y方向の勾配磁場G_z(t)：z方向の勾配磁場

(2)～(5)式における添え字fe1、fe2は、フローエンコード勾配の対の一方および他方をそれぞれを意味する。したがって、添え字fe1が付されたG_x(t)、G_y(t)、G_z(t)は、それぞれ、x方向、y方向、z方向のフローエンコード勾配対の一方を

40 表し、添え字fe2が付されたG_x(t)、G_y(t)、G_z(t)は、それぞれ、x方向、y方向、z方向のフローエンコード勾配対の他方を表す。

【0096】以下、フローエンコード勾配の対の一方を1回目のフローエンコード勾配ともいい、フローエンコード勾配の対の他方を2回目のフローエンコード勾配ともいう。

【0097】例えば、スライス勾配G_sの方向をz方向とし、フェーズエンコード勾配G_pの方向をy方向とし、リードアウト勾配G_rの方向をxとすると、G_z(t)、G_y(t)、G_x(t)は、それぞれ、G_s、

50

G_p , G_r に相当する。

【0098】なお、スライス勾配 G_s の方向は z 方向に限るものではなく、 x , y , z 方向のうちのいずれか1つの方向として良い。また、フェーズエンコード勾配 G_p の方向は残り2つの方向のいずれか一方として良く、リードアウト勾配 G_r の方向は残り1つの方向として良い。

【0099】また、 G_s , G_p , G_r の方向を x , y , z 方向に対して傾けて、いわゆるオブリーク (oblique) な勾配としても良い。その場合、 $G_z(t)$, $G_y(t)$, $G_x(t)$ は、 G_s , G_p , G_r のベクトル (vector) 合成で表される。以下、 $G_z(t)$, $G_y(t)$, $G_x(t)$ をそれぞれ、 G_s , G_p , G_r に対応させた例で説明するが、それ以外の場合も同様になる。

【0100】 G_s , G_p , G_r が図3～図6に示したように変化するとき、係数 A , B , C , D は、次に述べるように0または小さな値になる。これによって、(1)式の値は小さなものとなる。

【0101】まず、係数 A について説明すると、(2)式の $||$ 内の左半分の項は1回目のフローエンコードにおける x 方向の勾配 $G_x(t)$ と y 方向の勾配 $G_y(t)$ の2乗和を表す。1回目のフローエンコードは、図3に示したパルスシーケンスによって行われる。したがって、 $G_x(t)$ の2乗は区間 T_2 の G_r の三角波信号を2乗したものに相当し、 $G_y(t)$ の2乗は区間 T_2 , T_4 の G_p の三角波信号を2乗したものに相当する。

【0102】また、 $||$ 内の右半分の項は2回目のフローエンコードにおける x 方向の勾配 $G_x(t)$ と y 方向の勾配 $G_y(t)$ の2乗和を表す。2回目のフローエンコードは図4および図5に示したパルスシーケンスによってそれぞれ行われる。したがって、 $G_x(t)$ の2乗は図4における区間 T_2 の G_r の三角波信号を2乗したものに相当し、 $G_y(t)$ の2乗は図5の区間 T_2 , T_4 の G_p の三角波信号をそれぞれ2乗したものに相当する。

【0103】 G_r の1回目と2回目の相違は位相の正逆だけであるから、2乗することにより両者は同じになる。このため $||$ 内の左半分と右半分の差は0となるから、係数 A は0である。

【0104】次に、係数 B について説明すると、(3)式の $||$ 内の左半分の項は1回目のフローエンコードにおける z 方向の勾配 $G_z(t)$ 2乗を表す。1回目のフローエンコードは、図3に示したパルスシーケンスによって行われるから、 $G_z(t)$ の2乗は区間 T_4 の G_s の三角波信号を2乗したものに相当する。

【0105】また、 $||$ 内の右半分の項は2回目のフローエンコードにおける z 方向の勾配 $G_z(t)$ 2乗を表す。2回目のフローエンコードは図6に示したパルス

シーケンスによって行われるから、 $G_z(t)$ の2乗は図6における区間 T_4 の G_s の三角波信号を2乗したものに相当する。

【0106】 G_s の1回目と2回目の相違は位相の正逆だけであるから、2乗することにより両者は同じになる。このため $||$ 内の左半分と右半分の差は0となり係数 B は0である。

【0107】次に、係数 C について説明すると、(4)式の $||$ 内の左半分の項は1回目のフローエンコードにおける x 方向の勾配 $G_x(t)$ と z 方向の勾配 $G_z(t)$ の積を表す。1回目のフローエンコードは、図3に示したパルスシーケンスによって行われるから、 $G_x(t)$ と $G_z(t)$ の積は、区間 T_2 の、 G_s の台形波信号と G_r の三角波信号を乗算したもの、および、区間 T_4 の、 G_s の三角波信号と G_r の台形波信号を乗算したものに相当する。

【0108】また、 $||$ 内の左半分の項は2回目のフローエンコードにおける x 方向の勾配 $G_x(t)$ と z 方向の勾配 $G_z(t)$ の積を表す。2回目のフローエンコードは、図4および図6に示したパルスシーケンスによってそれぞれ行われるから、 $G_x(t)$ と $G_z(t)$ の積は、図4において、区間 T_2 の、 G_s の台形波信号と G_r の三角波信号を乗算したもの、および、区間 T_4 の、 G_s の三角波信号と G_r の台形波信号を乗算したものに相当する。また、図6において、区間 T_2 の、 G_s の台形波信号と G_r の三角波信号を乗算したもの、および、区間 T_4 の、 G_s の三角波信号と G_r の台形波信号を乗算したものに相当する。

【0109】 G_r は区間 T_2 の平均値が0となる三角波信号で与えられるから、台形波信号で与えられる G_s との積は、区間 T_2 の平均値が0となる。また、 G_s は区間 T_4 の平均値が0となる三角波信号で与えられるから、台形波信号で与えられる G_r との積は、区間 T_4 の平均値が0となる。これは1回目も2回目も同じである。したがって、 $||$ の値の積分で与えられる係数 C は0である。

【0110】次に、係数 D について説明すると、(5)式の $||$ 内の左半分の項は1回目のフローエンコードにおける y 方向の勾配 $G_y(t)$ と z 方向の勾配 $G_z(t)$ の積を表す。1回目のフローエンコードは、図3に示したパルスシーケンスによって行われるから、 $G_y(t)$ と $G_z(t)$ の積は、区間 T_2 の、 G_p の三角波信号の前半部分と G_s の台形波信号を乗算したもの、および、区間 T_4 の、 G_p の三角波信号の後半部分と G_s の三角波信号を乗算したものに相当する。

【0111】また、 $||$ 内の左半分の項は2回目のフローエンコードにおける y 方向の勾配 $G_y(t)$ と z 方向の勾配 $G_z(t)$ の積を表す。2回目のフローエンコードは、図5および図6に示したパルスシーケンスによってそれぞれ行われるから、 $G_y(t)$ と $G_z(t)$ の

21

積は、図5において、区間T2の、Gpの三角波信号の前半部分とGsの台形波信号を乗算したもの、および、区間T4の、Gpの三角波信号の後半部分とGsの三角波信号を乗算したものに相当する。また、図6において、区間T2の、Gpの三角波信号の前半部分とGsの台形波信号を乗算したもの、および、区間T4の、Gpの三角波信号の後半部分とGsの三角波信号を乗算したものに相当する。

【0112】Gsは区間T4の平均値が0となる三角波信号で与えられるから、三角波信号の半分で与えられるGpとの積は、区間T4の平均値が0となる。これは1回目も2回目も同じである。したがって、積分により0となるから係数Dには影響しない。

【0113】一方、区間T2では、三角波信号の前半部分であるGpは1回目と2回目で符号が反対になるから、台形波であるGsとの積の符号も1回目と2回目で反対となるので、 \int 内の値は0にならず、このため係数Dも0にはならない。

【0114】しかし、Gpは、1周期の信号を前半と後半に分け2区間にわたって印加しているので、他の方向と同じフローエンコード量を実現するのに信号強度は半分で良い。このため、係数Dの値は小さなものとなる。

【0115】このように、4つの係数A、B、C、Dのうち3つが0で、残りの1つは値が小さくなることにより、(1)式で与えられる位相は小さな値を持つ。この値が小さいということは、静止部分からのグラディエントエコーの位相変化がフローエンコードの1回目と2回目ではほぼ同一であることを意味するので、差を求めることにより実質的にうち消すことができる。すなわち、消え残りの原因となる信号を実質的に取り除くことができる。

【0116】図3～図6に示したパルスシーケンスを1セット(set)とし、フェーズエンコード勾配Gpを順次変更しながら上記と同様なデータ収集を例えば64～512回行う。これによって、kスペースを埋める64～512ビューのビューデータが3組得られる。

【0117】データ処理部170は、3組のビューデータに基づいてそれぞれ画像を再構成し3つの断層像を得る。これらの断層像はそれぞれ互いに垂直な3方向におけるスピンのフローの成分を示すものとなる。データ処理部170は、3つの画像を同一画素ごとに画素値の2乗和の開平を求め、その値を画素値とする画像を構成する。この画像は、スライス面内におけるスピンのフローを、方向の如何に関わらず平等に表すフローイメージとなる。

【0118】上記のように、フローエンコードを3方向において行う代わりに、いずれか2方向において行うようにしても良い。すなわち、図8に示すパルスシーケンスのように、フローエンコードをリードアウト勾配Grの方向およびフェーズエンコード勾配Gpの方向におい

22

て行う。図8のパルスシーケンスは、図3のパルスシーケンスからGsによるフローエンコードを除いたものに相当する。

【0119】これを1回目のフローエンコードとすると、Gr方向の2回目のフローエンコードは図9に示すパルスシーケンスによって行う。図9のパルスシーケンスは、図4のパルスシーケンスからGsによるフローエンコードを除いたものに相当する。

【0120】また、Gp方向における2回目のフローエンコードは図10に示すパルスシーケンスによって行う。図10のパルスシーケンスは、図5のパルスシーケンスからGsによるフローエンコードを除いたものに相当する。

【0121】図8のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーと図9のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーの差を求めることより、Gr方向のフローを表す磁気共鳴信号を得ることができる。

【0122】図8のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーと図10のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーの差を求めることより、Gp方向のフローを表す磁気共鳴信号を得ることができる。

【0123】図8、図9、図10に示したパルスシーケンスを1組としてフェーズエンコード量の異なる64～512ビューのビューデータ群を2群収集し、それらビューデータ群からそれぞれ画像を再構成し、両画像の画素値の2乗和の開平値を用いて、Gr方向とGp方向を含む2次元空間でのフローを表す画像を構成する。

【0124】Gp方向とGs方向を含む2次元空間でのフローを表す画像を得る場合は、図11、図12、図13に示すようなパルスシーケンスを1組として用いる。図11のパルスシーケンスは図3のパルスシーケンスからGr方向のフローエンコードを除いたものに相当する。これは1回目のフローエンコードのパルスシーケンスである。図12のパルスシーケンスは図5のパルスシーケンスからGr方向のフローエンコードを除いたものに相当する。これはGp方向の2回目のフローエンコードのパルスシーケンスである。図13のパルスシーケンスは図6のパルスシーケンスからGr方向のフローエンコードを除いたものに相当する。これはGs方向の2回目のフローエンコードのパルスシーケンスである。

【0125】Gr方向とGs方向を含む2次元空間でのフローを表す画像を得る場合は、図14、図15、図16に示すようなパルスシーケンスを1組として用いる。図14のパルスシーケンスは図3のパルスシーケンスからGp方向のフローエンコードを除いたものに相当する。これは1回目のフローエンコードのパルスシーケンスである。図15のパルスシーケンスは図4のパルスシーケンスからGp方向のフローエンコードを除いたものに相当する。これはGr方向の2回目のフローエンコードのパルスシーケンスである。図16のパルスシーケ

スは図6のパルスシーケンスからGp方向のフローエンコードを除いたものに相当する。これはGs方向の2回目のフローエンコードのパルスシーケンスである。

【0126】1方向だけのフローイメージを得るときは、フローエンコードをGr、Gp、Gsのいずれか1つ方向において行う。すなわち、図17に示すパルスシーケンスのように、フローエンコードをリードアウト勾配Grの方向のみにおいて行う。図17のパルスシーケンスは、図8のパルスシーケンスからGpによるフローエンコードを除いたものに相当する。

【0127】これを1回目のフローエンコードとすると、Gr方向の2回目のフローエンコードは図18に示すパルスシーケンスによって行う。図18のパルスシーケンスは、図9のパルスシーケンスからGpによるフローエンコードを除いたものに相当する。

【0128】図17のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーと図18のパルスシーケンスで得たグラディエントエコーの差を求めることより、Gr方向のフローを表す磁気共鳴信号を得ることができる。

【0129】図17、図18に示したパルスシーケンスを1組としてフェーズエンコード量の異なる64～512ビューのビューデータを収集し、それに基づいて画像を再構成しGr方向のフローを表す画像を得る。

【0130】Gp方向のフローを表す画像を得る場合は、図19、図20に示すようなパルスシーケンスを1組として用いる。図19のパルスシーケンスは図8のパルスシーケンスからGr方向のフローエンコードを除いたものに相当する。これは1回目のフローエンコードのパルスシーケンスである。図20のパルスシーケンスは図10のパルスシーケンスからGr方向のフローエンコードを除いたものに相当する。これは2回目のフローエンコードのパルスシーケンスである。

【0131】Gs方向のフローを表す画像を得る場合は、図21、図22に示すようなパルスシーケンスを1組として用いる。図21のパルスシーケンスは図11のパルスシーケンスからGp方向のフローエンコードを除いたものに相当する。これは1回目のフローエンコードのパルスシーケンスである。図22のパルスシーケンスは図13のパルスシーケンスからGp方向のフローエンコードを除いたものに相当する。2回目のフローエンコードのパルスシーケンスである。

【0132】このような2次元または1次元のフローエンコードにおいても3次元の場合と同様に静止部分からのグラディエントエコーがうち消されるので、フローイメージは消え残り像を含まないものとなる。

【0133】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、マックスウェル項が小さい磁気共鳴信号を獲得する磁気共鳴信号獲得方法および装置、並びに、そのような磁気共鳴信号獲得装置を備えた磁気共鳴撮影装置を実

現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図3】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図4】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図5】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図6】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図7】図3ないし図6に示したパルスシーケンスによるフローエンコードの一例を示す図である。

【図8】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図9】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図10】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図11】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図12】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図13】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図14】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図15】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図16】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図17】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図18】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図19】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図20】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図21】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図22】図1または図2に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【符号の説明】

100, 100' マグネットシステム

102 主磁場コイル部

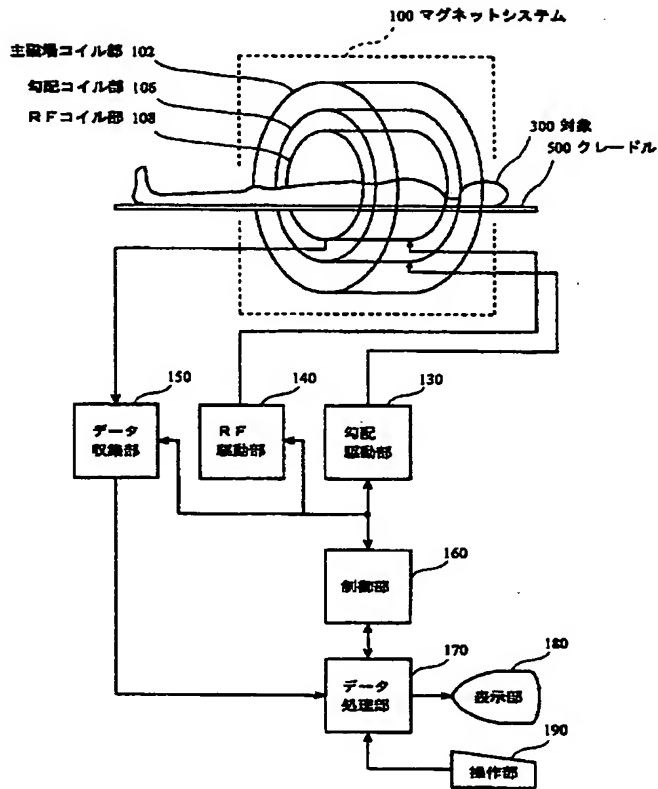
102' 主磁場マグネット部

25

106, 106' 勾配コイル部
 108, 108' RFコイル部
 130 勾配駆動部
 140 RF駆動部
 150 データ収集部
 160 制御部

*

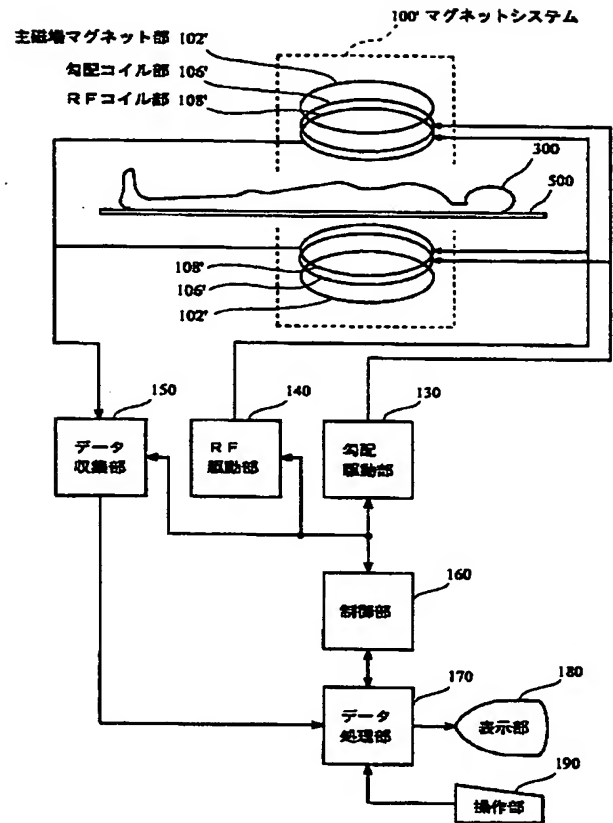
【図1】



26

* 170 データ処理部
 180 表示部
 190 操作部
 300 対象
 500 クレードル

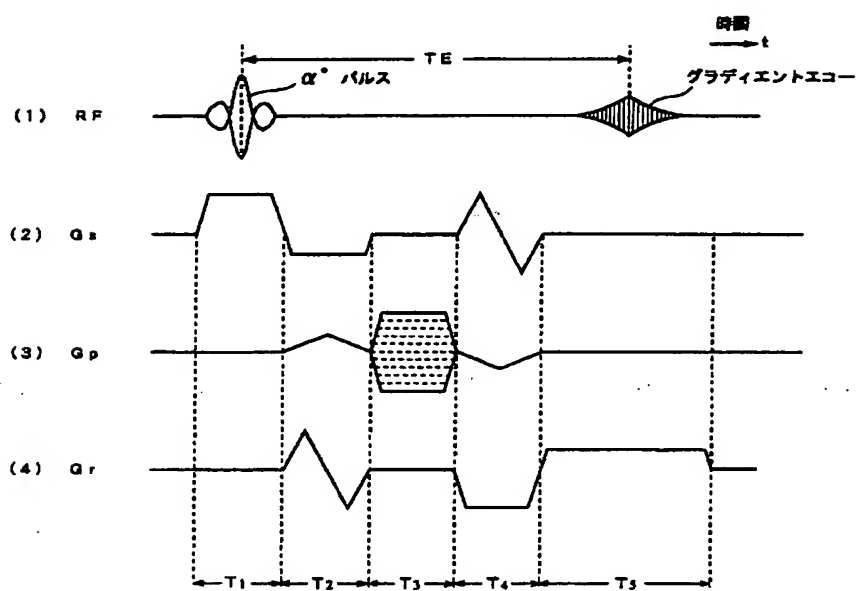
【図2】



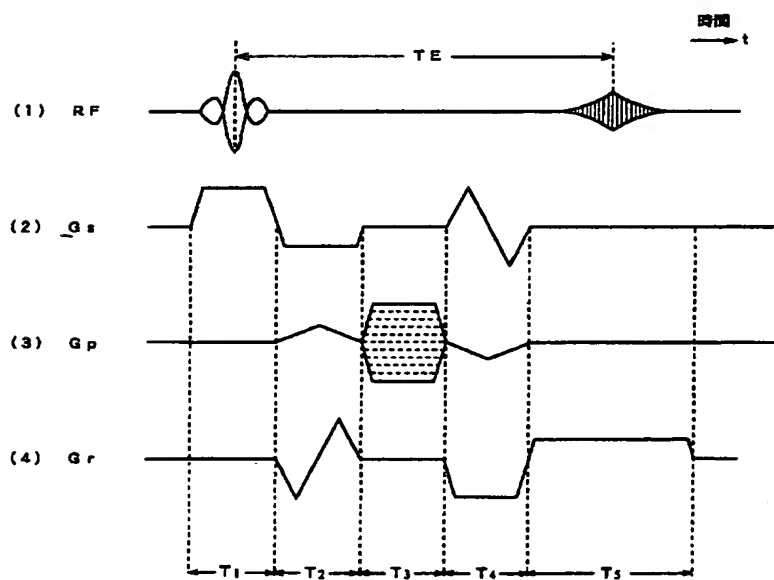
【図7】

	G _r 方向	G _p 方向	G _z 方向
図 3	+	+	+
図 4	-	+	+
図 5	+	-	+
図 6	+	+	-

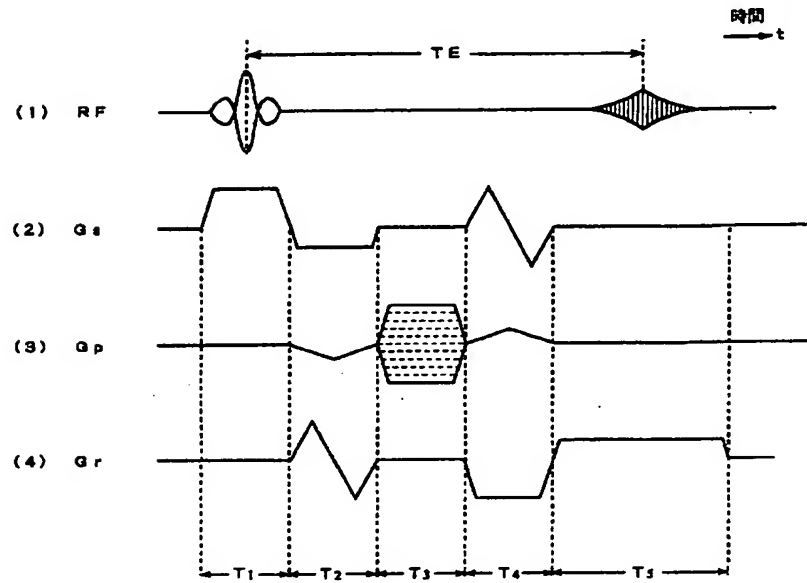
【図3】



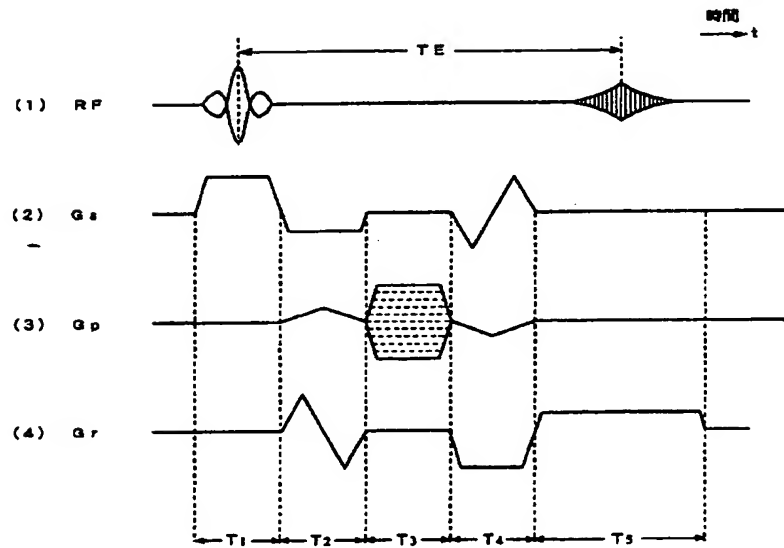
【図4】



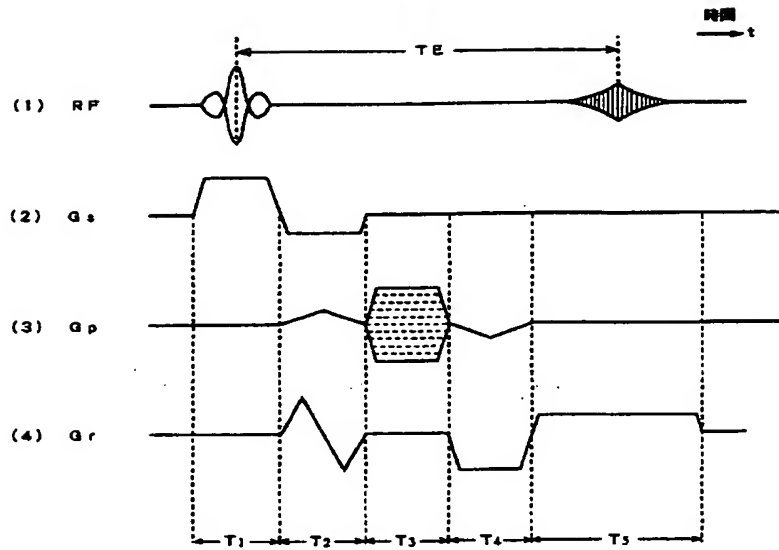
【図5】



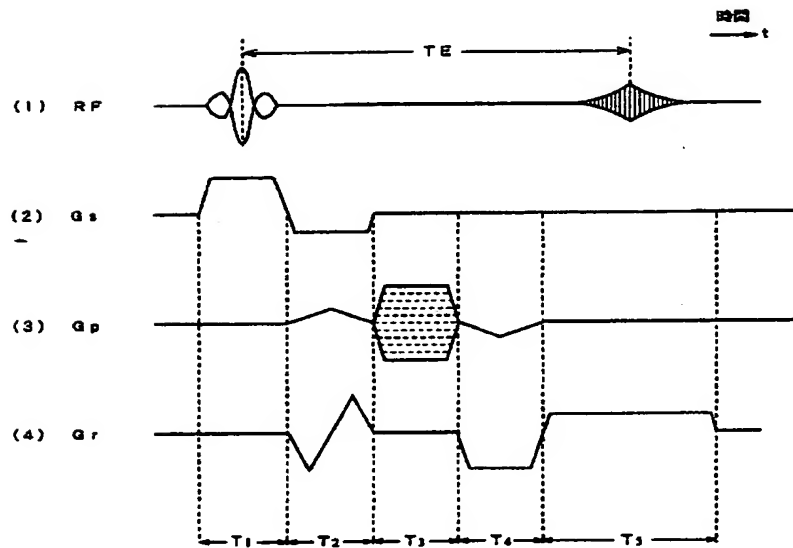
【図6】



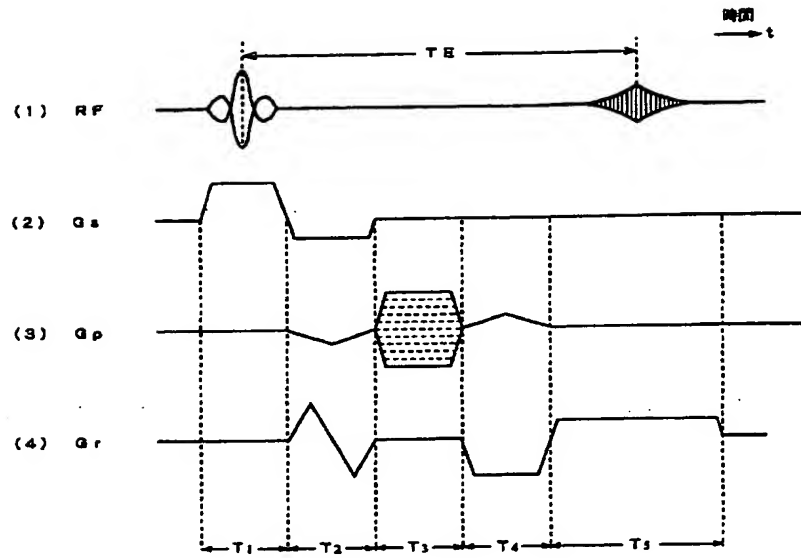
【図8】



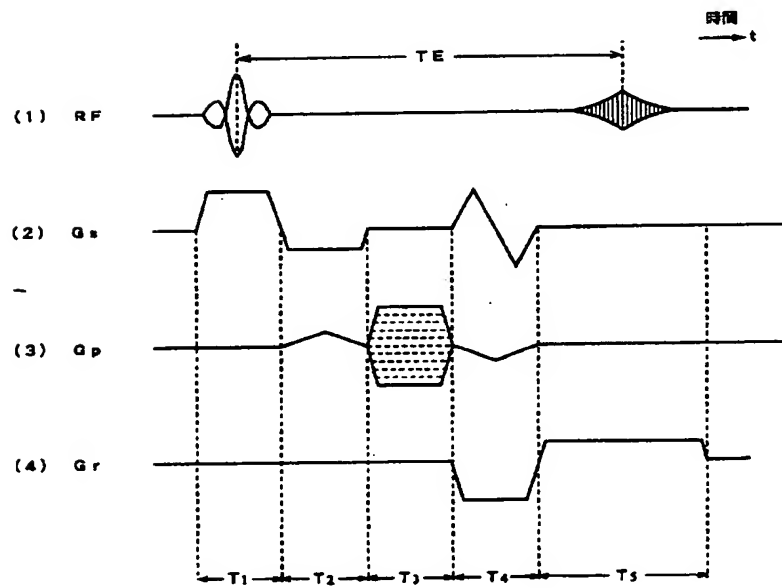
【図9】



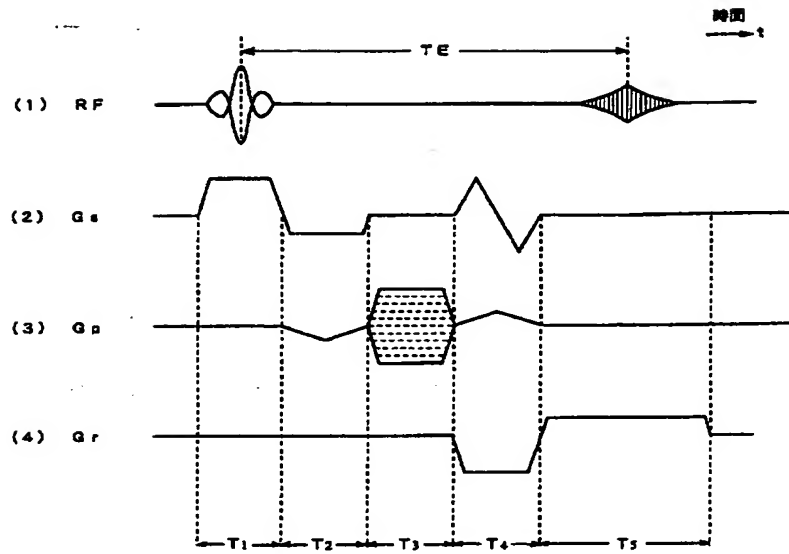
【図10】



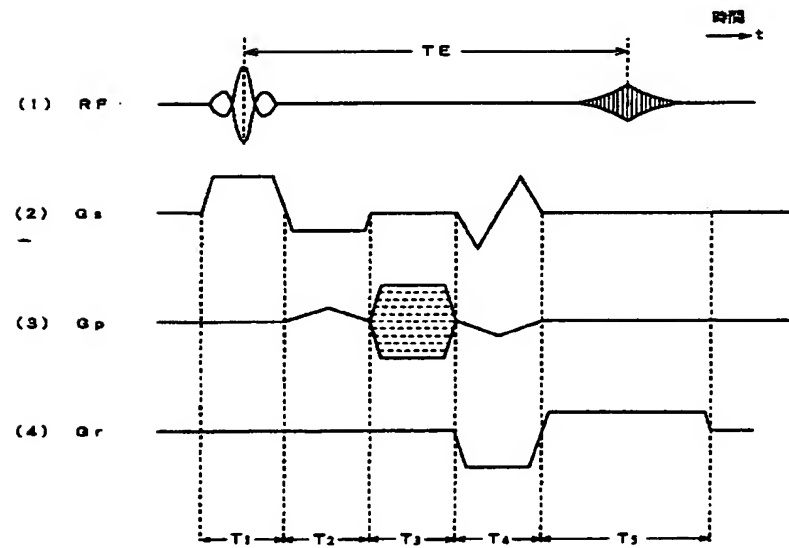
【図11】



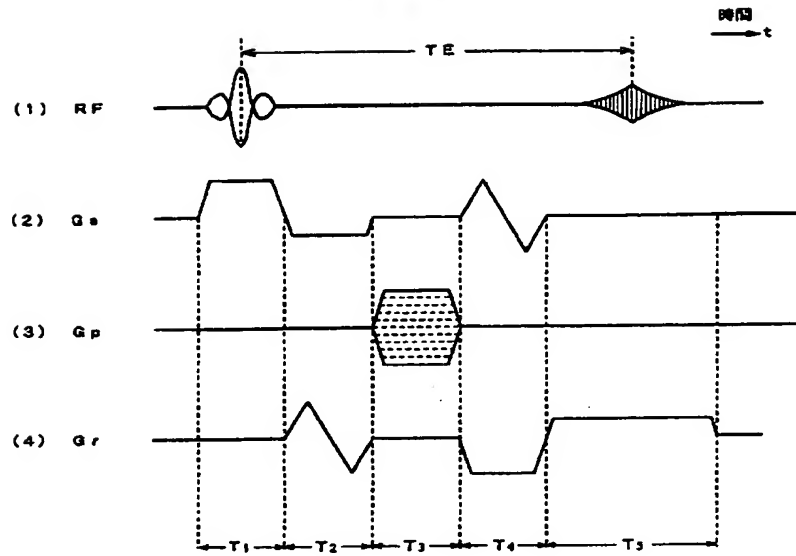
【図12】



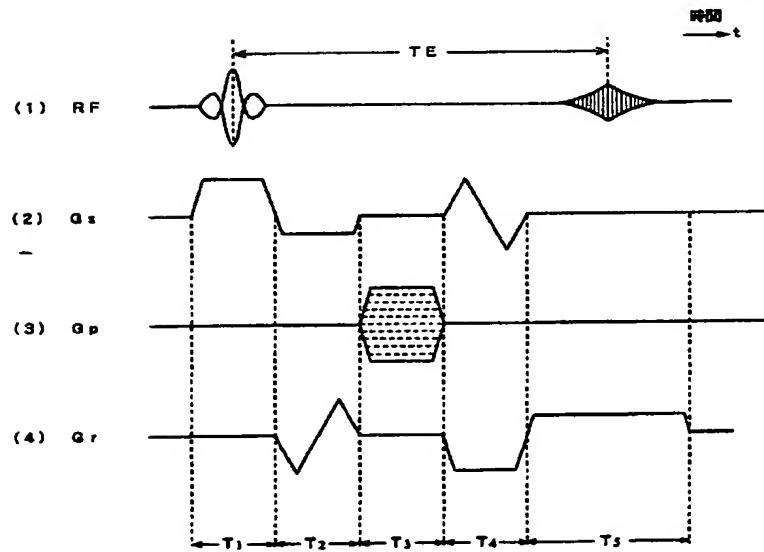
【図13】



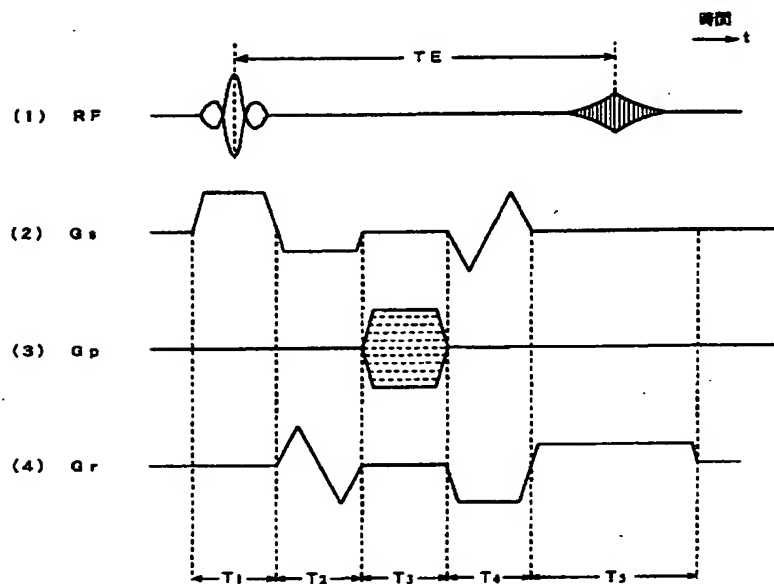
【図14】



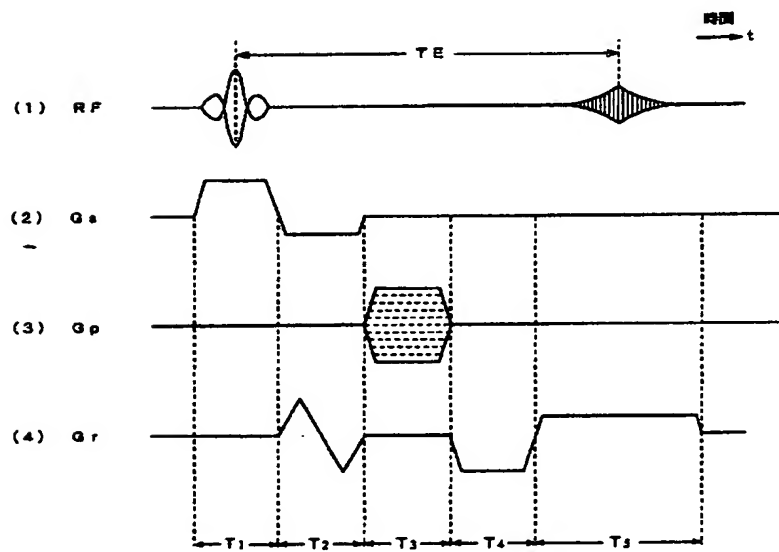
【図15】



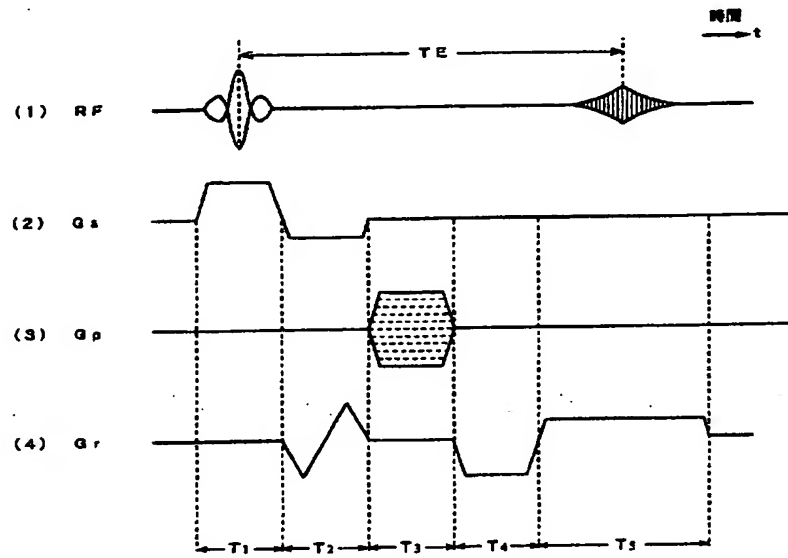
【図16】



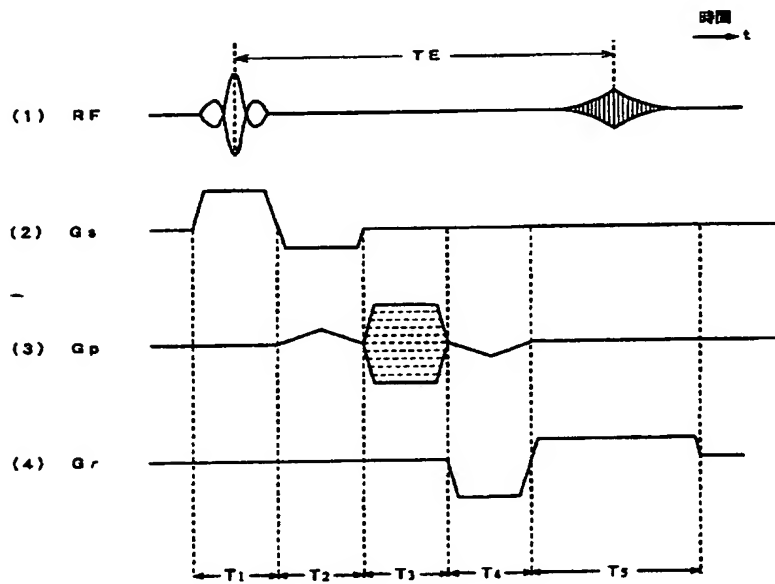
【図17】



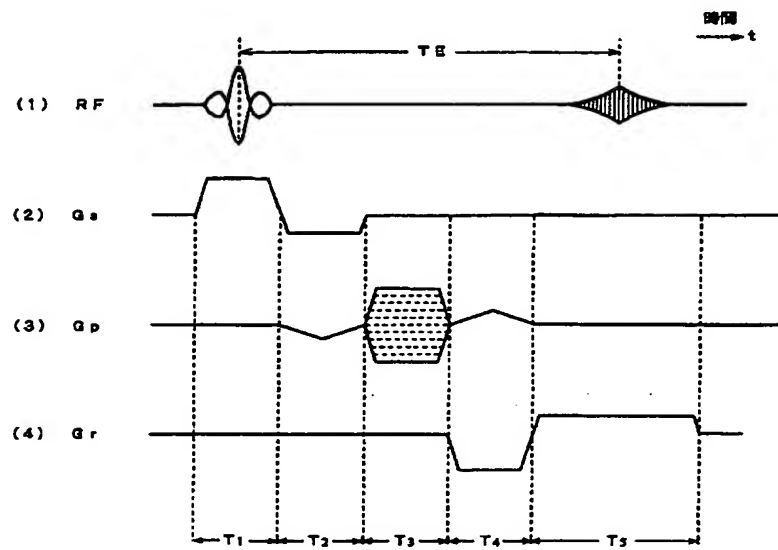
【図 18】



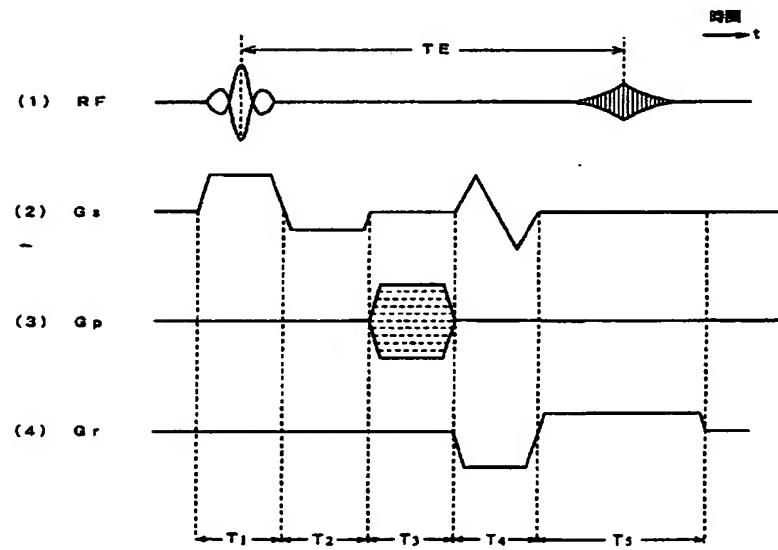
【図 19】



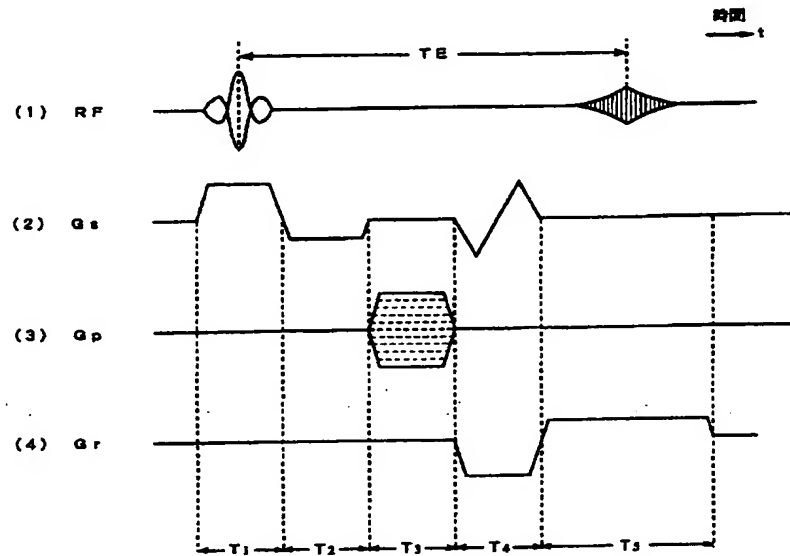
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 荻野 徹男
 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127
 ジーイー横河メディカルシステム株式会社
 内

Fターム(参考) 4C096 AB13 AD06 BA10 BA21 BA38
 BA50